

층수 변화에 따른 적층형 압전액츄에이터의 압전특성

이갑수, 이일하, 류주현, 정영호¹

세명대학교, 한국전력공사¹

Piezoelectric properties of multilayer actuator as a function of the number of multilayer

Kab-Soo Lee, Il-Ha Lee, Ju-Hyun Yoo, Yeong-Ho Jeong¹

Semyung Univ, KEPC¹

Abstract: In this study, piezoelectric properties of PZW-PMN-PZT multilayer actuator sintered at 900°C low temperature have been investigated. The multilayer actuator was fabricated by tape casting methods. The density above 8[g/cm³] was obtained at all the specimens. Also, according to increasing the number of multilayer, effective electromechanical coupling factor(k_{eff}) showed increasing trend. The k_{eff} of multilayer actuator showed the maximum value of 0.283 at 11 layer. However, according to increasing the number of multilayer, mechanical quality factor(Qm') showed decreasing trend. The Qm' of multilayer actuator showed the maximum value of 920 at 5 layer.

Key Words : multilayer actuator, Low sintering temperature, piezoelectric properties

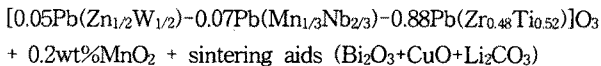
1. 서론

액츄에이터(actuator)란 전기적 에너지를 기계적 에너지로 변환하는 소자로서, 압전액츄에이터는 큰 변위, 빠른 응답 속도, 큰 발생력, 낮은 구동전압 등의 장점이 있다.[1] 더 낮은 구동전압과 큰 변위를 얻기 위해 최근에는 Tape casting방법을 이용한 적층형 압전액츄에이터의 연구가 활발히 진행되고 있다. 적층형 압전액츄에이터의 경우, 구조적으로 내부전극이 같이 소결되는데 일반적인 PZT계 세라믹은 1000°C 이상의 소결온도를 갖는다. 따라서 이때 사용되는 내부전극으로 Ag-Pd, Ag-Pt 등의 전극재료는 백금과 팔라듐의 가격이 비싼 반면, 소결온도를 900°C 정도로 낮출 경우 가격이 싼 순수한 Ag전극을 사용할 수 있어 가격경쟁력을 높일 수 있다.[2]

본 연구에서는 900°C에서 높은 압전 및 유전특성을 갖는 PZW-PMN-PZT 조성으로 내부전극은 순수 Ag전극을 사용하여 Tape casting방법을 이용한 적층형 압전액츄에이터를 제작하여 층수변화에 따른 압전특성을 조사하였다.

2. 실험

본 실험에서는 다음과 같은 조성식을 사용하여 적층압전초음파모터용 소자를 제작하였다.



조성식에 따라 10⁻⁴[g]까지 평량 하였으며, 아세톤을 분산매로 사용하여 지르코니아 불을 이용해 24시간동안 혼합 분쇄 하였다.

으며, 혼합분쇄 한 시료를 1100[°C]의 온도로 4시간동안 1차 하소하였다. 하소된 시료에 PbO를 첨가하여 24시간동안 2차 혼합 분쇄 하였고, 750°C에서 2시간동안 2차 하소를 하였다. 하소된 시료에 소결첨가제를 첨가하여 24시간 동안 혼합분쇄 후 슬러리 제작은 파우더와 PVB의 비율을 72:28로 하여 지르코니아 불을 이용해 24시간동안 혼합하였다. 제조된 슬러리를 Doctor Blade법으로 Tape Casting을 하여 약 75µm로 Sheet를 제작하였다. 한 층의 두께를 약 120µm로 하여 5, 7, 9, 11층으로 적층하였으며, 80°C에서 350[kg/cm²]의 압력으로 각각 일축성형 한 후 340°C에서 3시간동안 Burn Out 과정을 거치고, 900°C에서 2시간 동안 소결하였다. 소결을 마친 후 액츄에이터의 전기적 특성을 측정하기 위하여 Ag전극을 발라 650°C에서 10분간 열처리하였다. 전극이 형성된 시편을 120[°C]의 silicon oil-bath에서 30분 동안 DC 30[kv/cm]의 전계를 가하여 분극 하였다. 분극 된 시편을 24시간 경과 후 Impedance analyzer (Agil-ent 4294A)를 이용하여, 주파수 및 impedance 특성을 측정하였다. 시편의 압전 및 유전 특성은 IEEE에서 규정에 따라 공진 및 반공진법을 이용하여 계산 하여 관찰하였다.

3. 결과 및 고찰

그림 1은 압전액츄에이터의 모델을 나타낸 것이다.

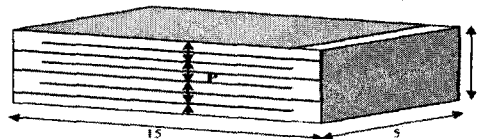


그림 1. 적층형 압전액츄에이터의 모델

사진 1은 그림 1에서 나타낸 모델로 제작된 적층 압전액추에이터를 나타내고 있다.

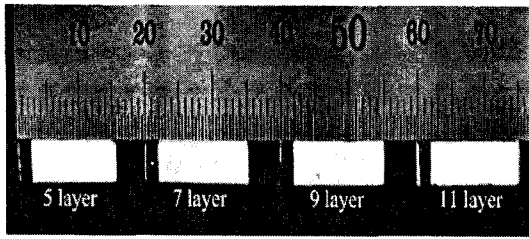


사진 1. 제작된 적층 압전액추에이터

그림 2는 층수변화에 따른 적층 압전액추에이터의 밀도를 나타낸 것이다. 적층 압전액추에이터는 모두 8 [g/cm³] 이상의 밀도를 나타냈으며, 층수가 증가할수록 밀도도 미세하게 증가하는 특성을 나타내었다.

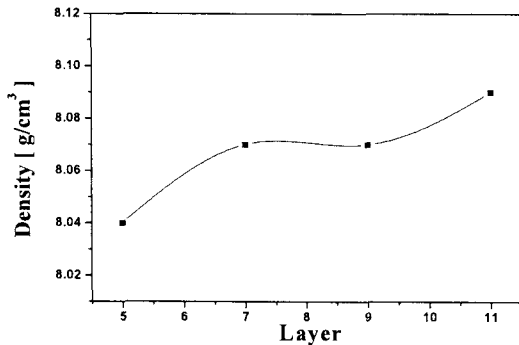


그림 2. 층수 변화에 따른 밀도

그림 3은 층수변화에 따른 압전액추에이터의 유효전기계결합계수(k_{eff})와 기계적품질계수(Q_m')를 나타낸 것이다. 압전액추에이터의 층수가 증가할수록 k_{eff} 가 증가하는 특성을 나타내었으며, 이는 밀도가 증가에 기인한 것으로 사료된다. 적층수가 11층일 때 k_{eff} 는 0.283로 최댓값을 나타내었다.

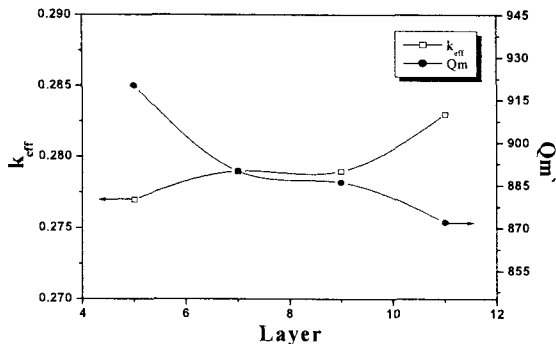


그림 3. 층수 변화에 따른 유효전기계결합계수(k_{eff})와 기계적품질계수(Q_m')

Q_m' 은 압전액추에이터의 층수가 증가할수록 감소하는 특성을 나타내었다. 이는 k_{eff} 가 증가하면 Q_m' 은 감소하는

일반적인 압전특성에 기인한 것으로 사료된다. 적층수가 5층일 때 Q_m' 은 920으로 최댓값을 나타내었다. 유효전기계결합계수(k_{eff})와 기계적품질계수(Q_m')는 다음의 식에 의해 계산되었다.

$$k_{eff} = \sqrt{\frac{f_a^2 - f_r^2}{f_a^2}}$$

$$Q_m' = \frac{1}{2\pi f_r \left[1 - \left(\frac{f_r}{f_a} \right)^2 \right] RC}$$

표 1. 적층수에 따른 액추에이터의 무성

소성온도(°C)	층수	Density[g/cm ³]	k_{eff}	Q_m'
900	5	8.04	0.277	920
	7	8.07	0.279	890
	9	8.07	0.279	886
	11	8.09	0.283	872

4. 결론

본 연구에서는 초음파 선형모터를 개발하기 위해 적층형 압전액추에이터를 순수 Ag전극을 사용하여 Tape casting 방법을 이용한 적층형 압전액추에이터를 제작하여 층수변화에 따른 압전특성을 조사하여 다음과 같은 결과를 얻었다.

1. 적층 압전액추에이터는 모두 8 [g/cm³] 이상의 밀도를 나타냈으며, 층수가 증가할수록 밀도도 미세하게 증가하는 특성을 나타내었다.
2. 층수가 증가할수록 k_{eff} 는 증가하는 특성을 나타내었으며, Q_m' 은 감소하는 특성을 나타내었다. k_{eff} 는 적층수가 11층일 때 0.283로 최댓값을 나타내었고, Q_m' 은 920으로 최댓값을 나타내었다.

감사의 글

본 연구는 2005년도 학술진흥재단 선도연구자지원사업(과제번호 : KRF-2005-041-D00307)으로 수행되었으며, 이에 감사드립니다.

참고 문헌

- [1] M. Suga and M. Tsuzuki, "Improved drop ejection characteristics through use of micro-valves in ink jet head", Jpn. J. Appl. Phys., Vol 23, No. 6, p. 765, 1984.
- [2] In-Ho Im, Hoy-Seung Chung, Dong-Soo Paik, Chang-Yub Park, Jong-Joo Park, Seno-Gi Bae, "Multilayer piezoelectric actuator with AgPd internal electrode", J. Eur. Ceram. Soc Vol. 20, p. 1011, 2000.